

## ПРОЕКТУВАННЯ РАДІАЛЬНО-ОСЬОВИХ КАНАЛІВ ТУРБОКОМПРЕСОРИВ

## DESIGN OF THE RADIAL-AXIAL CHANNELS OF TURBOCOMPRESSORS

*Скорик А.В., студент, Калінкевич М.В., доцент, СумДУ, Суми;  
Гавриченко І.В., інженер, ВАТ «СМ НВО ім. М. В.Фрунзе», Суми*

*Skoryk A.V., student, Kalinkevych M.V., associate professor, SumDU, Sumy;  
Havrichenko I., engineer, JSC «Sumy MBSPA named after M.V.Frunze», Sumy*

Структура течения в осесимметричных криволинейных каналах турбокомпрессоров влияет на эффективность машины в целом. К таким каналам относятся радиально-осевые каналы центробежных компрессоров: входное устройство и выходное колено обратного направляющего аппарата.

В работе рассматривается методика проектирования радиально-осевых каналов и последующего расчета течения в них. Для автоматизированного проектирования и расчета таких каналов создана программа в среде Delphi.

Исходными данными для построения меридионального контура канала являются геометрические параметры входного и выходного сечений канала. Проектирование производится в несколько этапов: 1) построение средней линии канала; 2) построение срединной ортогонали согласно выбранного закона изменения площади по длине канала; 3) построение образующих втулочной и периферийной поверхностей в виде кривых 2-го порядка; 4) построение заданного количества ортогоналей к средней линии (построение расчетной сетки).

Закон изменения площади имеет вид

$$F_i = F_0 + \frac{F_2 - F_0}{l_{02}} \cdot l_i + f_2 \cdot l_i \cdot (l_{02} - l_i),$$

где  $F_0$  и  $F_2$  - площадь входного и выходного сечений канала соответственно;

$l_{02}$  - длина средней линии канала;  $f_2$  - коэффициент площади;

$F_i$  и  $l_i$  - текущие площадь канала и длина средней линии соответственно.

Уравнения образующих втулочной и периферийной поверхностей, представленных в виде кривых 2-го порядка, имеют вид

$$f(r, z) = r^2 + A \cdot z^2 + 2 \cdot B \cdot z \cdot r + 2 \cdot C \cdot r + 2 \cdot D \cdot z + E = 0.$$

Для определения неизвестных коэффициентов  $A, B, C, D, E$  составляется система из 5-ти уравнений, которая решается методом Крамера.

Для расчета параметров потока в канале принят ряд допущений: течение считается установившимся, без теплообмена с окружающей средой. Принята физическая модель, в которой газ в ядре потока считается невязким, а вязкость газа учитывается при расчете пограничного слоя. Исходными данными для расчета являются параметры состояния, а также скорость газа во входном сечении канала.

В результате ряда преобразований дифференциальных уравнений движения для невязкой жидкости и уравнения Бернулли получена формула для определения меридиональной скорости вдоль нормали:

$$c_m = c_{m0} \cdot e^{\int \frac{dn}{R_m}} = c_{m0} \cdot e^A.$$

При линейном законе изменения кривизны вдоль нормали интеграл  $A$  для  $j$ -ой линии тока будет иметь вид

$$A_j = \frac{n_j}{R_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} + \frac{n_j^2}{2 \cdot b} \cdot \left( \frac{1}{R_{i\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} - \frac{1}{R_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}} \right),$$

где  $R_{\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$  и  $R_{i\dot{\alpha}\dot{\alpha}}$  - радиусы кривизны образующих втулочной и периферийной поверхностей соответственно;  $b$  - длина ортогонали;  $n_j$  - расстояние по нормали от поверхности втулки до точки, в которой рассчитывается  $c_m$ .

Значение меридиональной скорости на втулочной поверхности  $c_{m0}$  для каждой ортогонали определяется методом последовательных приближений с использованием уравнения расхода.

Толщина пограничного слоя определялась в первом приближении по формуле для плоской пластины.

Для оценки течения по результатам расчета автоматически строятся графики изменения относительной скорости и газодинамической функции давления вдоль образующих втулочной и периферийной поверхностей, а также вдоль средней линии канала. Отрыв потока оценивался по методу Маркова. Согласно этому методу при значениях формпараметра  $A_m = -\frac{\delta}{c_m} \cdot \frac{dc_m}{dl}$ , не превышающих 0,02, отрыв потока не происходит.